

Do Supercomputador ao *Smartphone*: Desafios e Oportunidades da Computação Móvel de Alto Desempenho

Lucas Eduardo Sasse¹, Otavio Matheus Neves¹, MSc Vitor Hugo Furtado¹

¹Centro Universitário UniSENAI/SC - R. Isidoro Pedri, 263 - Rio Molha, Jaraguá do Sul - SC

{lucas_sasse, otavio_neves}@estudante.sc.senai.br,
{vitor.furtado}@edu.sc.senai.br

Resumo. *Este artigo explora a evolução da Computação de Alto Desempenho (HPC) e da Computação Móvel de Alto Desempenho (MHPC), analisando seu desenvolvimento e estágio atual. Com base nisso, são discutidos os principais desafios que ainda limitam seu avanço e as dificuldades técnicas enfrentadas. Por fim, o estudo destaca novas oportunidades e possibilidades de inovação, considerando a crescente capacidade da Computação Móvel de Alto Desempenho.*

1. Introdução

A jornada do homem à Lua foi impulsionada por um computador altamente especializado, o *Apollo Guidance Computer* (O'BRIEN, 2010). Hoje, dispositivos móveis, como os *smartphones*, superam em um milhão de vezes a capacidade de processamento e armazenamento daquela máquina, colocando o conhecimento humano na palma da mão.

Essa evolução foi marcada por avanços extraordinários, que reduziram drasticamente o tamanho dos dispositivos enquanto multiplicavam seu poder computacional, aproximando a portabilidade dos *smartphones* do desempenho dos supercomputadores. Diante desse cenário, este artigo busca explorar os principais desafios que ainda impedem a plena integração da Computação de Alto Desempenho (HPC) com a mobilidade dos dispositivos modernos. Além disso, analisamos como os avanços tecnológicos estão abrindo novas oportunidades para aplicações que, até então, eram viáveis apenas em supercomputadores, transformando a maneira como interagimos com a tecnologia no cotidiano.

2. Conceito Histórico sobre a Computação de Alto Desempenho

A evolução tecnológica tem sido fundamental para a humanidade, impactando não apenas a comunicação, mas também diversas áreas da ciência. Nesse contexto, a HPC exerce um papel essencial, ampliando as capacidades tecnológicas da sociedade moderna. Essas preocupações relacionadas ao crescimento da capacidade computacional começaram na década de 60, com o primeiro supercomputador, o CDC600 (FISCHBORN, MARCOS, 2006).

Entre as décadas de 60 e 80, a distinção entre supercomputadores e computadores comuns era relativamente simples, baseada na capacidade de processamento e no uso específico para cálculos científicos e industriais de alta complexidade. No entanto, a partir da década de 90, com o avanço do escalonamento dos sistemas e a crescente diversidade de arquiteturas computacionais, essa diferenciação tornou-se menos evidente. O aumento do poder de processamento em máquinas convencionais e a popularização de *clusters* de computadores contribuíram para essa mudança, levando à adoção do termo Computação de Alto Desempenho (*High Performance Computing* – HPC) para abranger não apenas supercomputadores dedicados, mas também sistemas distribuídos e arquiteturas paralelas capazes de realizar cálculos intensivos de forma eficiente (FISCHBORN, MARCOS, 2006).

2.1. A Computação de Alto Desempenho

A HPC caracteriza-se pelo uso combinado de recursos computacionais capazes de oferecer um desempenho significativamente superior ao de PCs ou estações de trabalho convencionais.

Na prática, a HPC é essencial para avanços científicos e industriais, sendo amplamente utilizada na solução de problemas complexos nas áreas de Engenharia, Ciência e Tecnologia (Ramos, Maria João, 2021).

Além disso, o conceito de HPC não se restringe apenas ao *hardware*, mas abrange toda a infraestrutura necessária para seu funcionamento, incluindo redes de comunicação, algoritmos otimizados e ambientes especializados. Dessa forma, os sistemas podem variar desde *clusters* de PCs até supercomputadores de grande escala, adaptando-se às demandas computacionais de cada aplicação (FISCHBORN, MARCOS, 2006).

2.2. A Computação Móvel de Alto Desempenho

Surgindo como um novo paradigma computacional, a computação móvel revolucionou a área da tecnologia, sendo considerada a 4ª revolução computacional. Sua evolução sucedeu os grandes centros computacionais da década de 60, introduzindo a mobilidade ao universo da computação a partir dos anos 80 (Mateus, Geraldo Robson, 1998).

A MHPC (Computação Móvel de Alto Desempenho) combina mobilidade computacional e comunicação sem fio com a capacidade de processar grandes volumes de dados, realizar simulações complexas e executar tarefas de alta demanda computacional. Essa abordagem busca otimizar ao máximo os recursos de *hardware* e *software* disponíveis, garantindo eficiência e alto desempenho mesmo em ambientes descentralizados.

3. Atuais Desafios na Computação Móvel de Alto Desempenho

Devido ao fato de ser uma tecnologia recente, a MHPC enfrenta desafios que dificultam sua evolução. Um dos principais é a limitação energética e térmica destes dispositivos. Enquanto supercomputadores dispõem de fontes de energia e sistemas de resfriamento, dispositivos móveis operam com baterias e sem mecanismos de dissipação de calor, causando assim o *throttling* térmico, reduzindo o desempenho do *hardware* em situações de alta demanda.

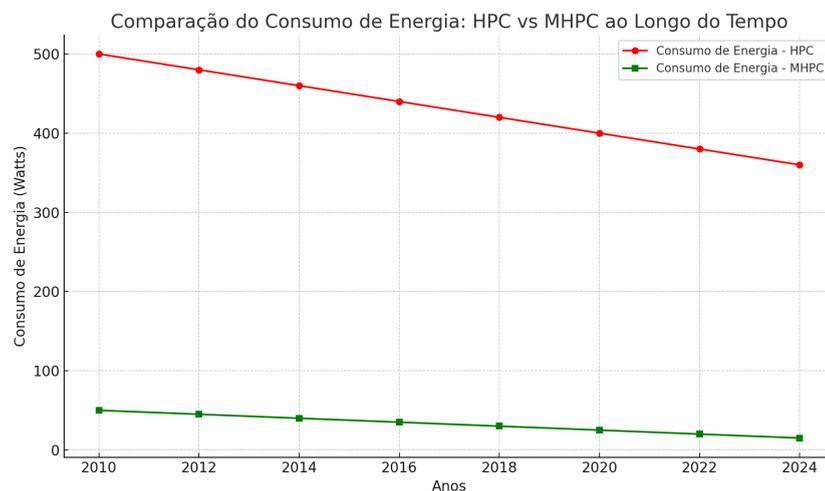


Figura 1. Comparação do consumo médio de energia entre a Computação de Alto Desempenho e a Computação Móvel de Alto Desempenho (autoria própria - dados extraído de top500.org)

Contudo, como observado no gráfico acima, o consumo energético desses dispositivos vem diminuindo, indicando avanços promissores. Além disso, uma abordagem comum para otimizar o desempenho sem elevar significativamente o consumo de energia envolve o uso de técnicas como Instrução Única de Múltiplos Dados (SIMD) e Instrução Única de Múltiplos

Threads (SIMT), conforme apontado por O'Connor, Elfouly e Alouani (2023). Essas estratégias aumentam a capacidade sem aumentar o consumo de recursos físicos do *hardware*.

Outro desafio é a comunicação do dispositivo móveis com outros dispositivos que, por definição, não podem depender de conexões físicas, pois assim perderia a sua própria essência “*mobile*”. Portanto, para aplicações de MHPC, é fundamental contar com uma infraestrutura de rede robusta, capaz de atender às demandas específicas desses sistemas (FIGUEIREDO, NAKAMURA. 2013).

Ainda, a gestão de dados continua sendo um desafio. Embora a capacidade de armazenamento interno dos dispositivos móveis tenha evoluído, o acesso rápido a grandes volumes de dados ainda enfrenta limitações, especialmente em aplicações que exigem baixa latência. A conectividade é determinante: redes lentas ou instáveis comprometem a eficiência de aplicações que dependem de computação em nuvem ou processamento distribuído (O'CONNOR; ELFOULY; ALOUANI, 2023). Para mitigar esse problema, uma das soluções adotadas tem sido a miniaturização dos componentes. No entanto, essa abordagem demanda avanços constantes, que, apesar de significativos, possuem limitações inerentes.

Por fim, a segurança ainda é um desafio, pois as comunicações e transferências são feitas sem conexões físicas, gerando vulnerabilidades a ataques. Para mitigar esses riscos, padrões de segurança foram desenvolvidos, incluindo o IPsec, *Certificate Management Protocol* (CMP), o *Transport Layer Security* (TLS) e o WiMAX (GABRI, 2014).

4. Principais Oportunidades na Computação Móvel de Alto Desempenho

Apesar dos desafios, a MHPC apresenta oportunidades promissoras. Um exemplo é o avanço dos processadores móveis, especialmente com as arquiteturas ARM (*Advanced RISC Machine*) e a adoção de tecnologias de 3 nm (3×10^{-9} metros), que oferecem maior poder de processamento com eficiência energética aprimorada. Isso permite que dispositivos móveis executem tarefas complexas sem comprometer significativamente o consumo de energia.

Outra evolução é a integração da IA (inteligência artificial) no *hardware* dos dispositivos, por meio de unidades de processamento neural (NPU), que permitem o desenvolvimento de funções como reconhecimento de imagem e análise de dados, sem depender da nuvem ou de equipamentos externos. Ainda, IAs otimizadas para dispositivos móveis já são realidade, sendo exemplos notáveis os modelos SmolVLM-256M e SmolVLM-500M, desenvolvidos por pesquisadores da plataforma *Hugging Face*, projetados para operar em dispositivos com menos de 1 GB de RAM (WIGGERS, 2025).

Além disso, a combinação da nuvem com a *edge computing* permite o deslocamento de parte do processamento para servidores próximos ao usuário. Essa estratégia reduz a latência e melhora a eficiência de aplicações que exigem respostas em tempo real. Paralelamente, vários avanços em tecnologias de bateria prometem aumentar a autonomia dos dispositivos móveis, minimizando as restrições de consumo energético.

Por fim, um dos campos mais promissores é o das aplicações imersivas, como a realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR), que exigem alto poder de processamento e respostas instantâneas. Contudo, com a expansão das redes 5G e o futuro desenvolvimento das redes 6G, as perspectivas se tornam positivas, pois uma maior velocidade de transferência de dados e uma menor latência disponibilizadas por estas novas tecnologias podem abrir um enorme leque de inovações em potencial na área da MHPC.

5. Conclusão

A trajetória da HPC, desde os primeiros supercomputadores até sua convergência com dispositivos móveis, evidencia um avanço significativo, mas também a existência de desafios técnicos que ainda precisam ser superados. A MHPC surge como um novo paradigma, promissor, mas enfrenta obstáculos significativos, como limitações energéticas, desafios de conectividade, gestão de dados e questões de segurança.

Apesar dessas barreiras, o cenário atual apresenta oportunidades inovadoras que impulsionam o desenvolvimento da MHPC. Avanços em arquiteturas de processadores, como as tecnologias ARM e os *chips* em 3nm, aliados à integração de inteligência artificial (IA) diretamente no *hardware* por meio de unidades de processamento neural (NPU), estão ampliando as capacidades dos dispositivos móveis. Outro avanço significativo é a combinação de computação em nuvem com *edge computing* que está redefinindo o processamento distribuído, reduzindo latências e viabilizando respostas em tempo real. A evolução das redes de comunicação, como o 5G e o futuro 6G, também abre caminho para aplicações imersivas, como realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR), que demandam alto poder de processamento e baixa latência.

Diante desse panorama, a MHPC tende a avançar rapidamente, impulsionada por inovações que equilibram eficiência energética e desempenho. Este estudo reforça a importância de explorar soluções que viabilizem a adoção em larga escala dessa tecnologia, democratizando o acesso a aplicações que antes eram restritas a supercomputadores tradicionais. Assim, a MHPC não apenas consolida seu papel como um pilar da próxima revolução tecnológica, mas também abre novas fronteiras para a computação, transformando a maneira como interagimos com a tecnologia no cotidiano.

Referências

- FIGUEIREDO, Carlos Maurício Ser, NAKAMURA, Eduardo (2003). “Computação Móvel: Novas Oportunidades e Novos Desafios”, <https://www.researchgate.net/publication/268435975>.
- FISCHBORN, Marcos (2006). “Computação de alto desempenho aplicada a análise de dispositivos eletromagnéticos”. UFSC. Florianópolis.
- GABRI, Marcelo Alves (2014). “COMO TORNAR A EMPRESA MÓVEL: Desafios e Tendências da Computação Móvel”. UFRJ. Rio de Janeiro.
- Mateus, Geraldo Robson, e Antonio Alfredo Ferreira Loureiro (1998). "Introdução à computação móvel", https://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/cm_livro_1e.pdf.
- O'Brien, Frank (2010). The Apollo Guidance Computer: Architecture and Operation. Alemanha: Springer.
- O'Connor, O.; Elfouly, T.; Alouani (2023), A. Survey of Novel Architectures for Energy Efficient High-Performance Mobile Computing Platforms. *Energies*, 16, 6043.
- Ramos, Maria João (2021). "O que é a Computação de Alto Desempenho?", <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2021/070/>.
- Wiggers, Kyle (2025). “Hugging Face claims its new AI models are the smallest of their kind”, <https://techcrunch.com/2025/01/23/hugging-face-claims-its-new-ai-models-are-the-smallest-of-their-kind/>.